

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-012366

(43)Date of publication of application : 14.01.2000

(51)Int.Cl.

H01F 41/18  
G11B 5/127  
G11B 5/31

(21)Application number : 10-176229 (71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC  
IND CO LTD

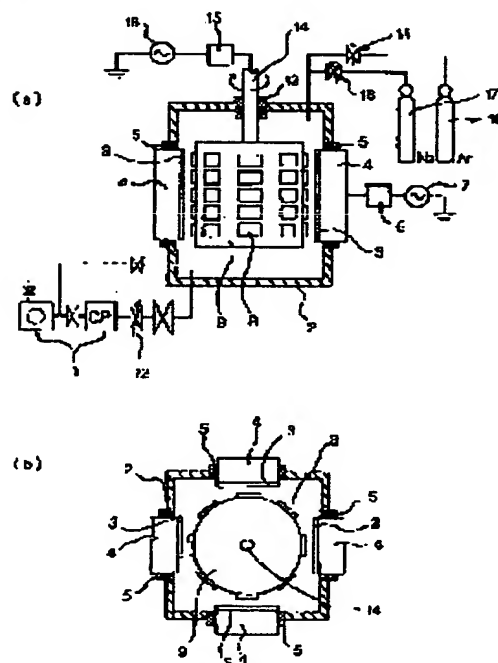
(22)Date of filing : 23.06.1998 (72)Inventor : YAMANISHI HITOSHI  
AOKURA ISAMU  
MURAOKA SHUNSAKU  
SEKI HIROSHI

## (54) MANUFACTURE OF SOFT MAGNETIC FILM

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method for manufacturing with a high mass-productivity a soft magnetic film exhibiting a high permeability having desired magnetic anisotropy required by different types of magnetic head and a high saturation magnetic flux density.

**SOLUTION:** For manufacturing a soft magnetic film containing Fe as major constituent, 5-20 atom % of N and 5-15 atom % of M (at least one element out of Ta, Zr, Hf, Nb and Ti), a cylindrical substrate holder 9 round the perimeter of which substrates 8 are placed and which rotates around a central axis 14, and is placed through an insulating material 13 between itself and a vacuum chamber 2; and a substrate holder rotation reaction type bias sputtering device, having at least one sputtering electrode 4 on which sputtering targets 3 are placed on positions opposed to the substrate placing surface of the substrate holder 9, and having also at least two systems of sputtering gas introducing systems 11 and 18; are used. A soft magnetic film exhibiting a high magnetic permeability having desired magnetic anisotropy is manufactured with a high mass-productivity by controlling the sputtering conditions.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 23.04.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 20.10.2004

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-12366

(P2000-12366A)

(43) 公開日 平成12年1月14日 (2000.1.14)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テマコード<sup>\*</sup> (参考)

H 0 1 F 41/18  
G 1 1 B 5/127  
5/31

H 0 1 F 41/18  
G 1 1 B 5/127  
5/31

5 D 0 3 3  
F 5 D 0 9 3  
C 5 E 0 4 9

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号

特願平10-176229

(22) 出願日

平成10年6月23日 (1998.6.23)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 山西 斉

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 青倉 勇

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74) 代理人 100073874

弁理士 萩野 平 (外3名)

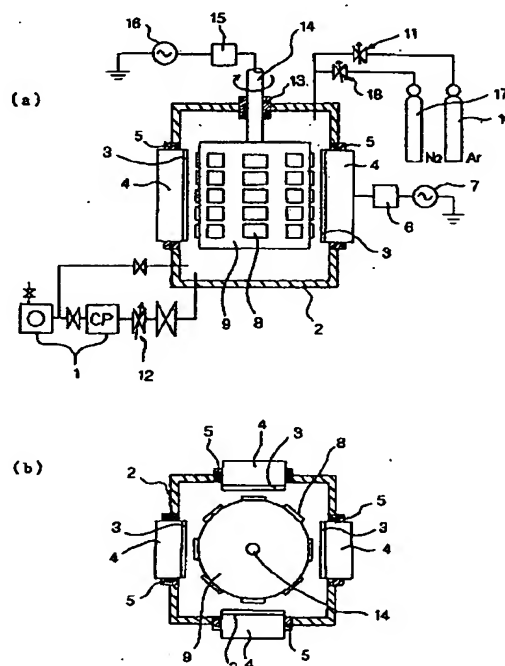
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 軟磁性膜の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 各種磁気ヘッドに要求される所望の磁気異方性を有する高透磁率ならびに高飽和磁束密度を示す軟磁性膜を量産性よく製造する方法を提供する。

【解決手段】 Feを主成分とし、N（窒素）を5～20原子%含むとともにM（ただし、Mは、Ta、Zr、Hf、Nb、Tiの少なくとも1種の元素）を5～15原子%含む組成を有する軟磁性膜の製造方法において、外周面上に基板8を設置するとともに、中心軸14を中心に回転し、更には真空チャンパー2との間に絶縁材13を介して設置された円筒形の基板ホルダー9と、該基板ホルダーの基板設置面に対向した位置に、スパッタリングターゲット3を設置したスパッタリング電極4を少なくとも1個有し、かつスパッタリング用ガスの導入系11、18を少なくとも2系統有する基板ホルダー回転型反応性バイアスパッタリング装置を用い、スパッタリング条件を制御することで、所望の磁気異方性を有する高透磁率ならびに高飽和磁束密度を示す軟磁性膜を量産性よく製造する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 Feを主成分とし、N（窒素）を5～20原子%含むとともにM（ただし、Mは、Ta、Zr、Hf、Nb、Tiの少なくとも1種の元素）を5～15原子%含む組成を有する軟磁性膜の製造方法において、外周面上に基板を設置するとともに、中心軸を中心に回転し、更には真空チャンバーとの間に絶縁材を介して配設された円筒形の基板ホルダーと、該基板ホルダーの基板設置面に対向した位置に、スパッタリングターゲットを設置したスパッタリング電極を少なくとも1個有し、かつスパッタリング用ガスの導入系を少なくとも2系統有する基板ホルダー回転型反応性バイアスパッタリング装置を用い、ガス雰囲気中の窒素ガス流量比（N<sub>2</sub>ガス流量/Arガス流量）を4～8%としてスパッタリングを行うことを特徴とする軟磁性膜の製造方法。

【請求項2】 スパッタリング中において、真空チャンバー内のガス圧力が0.1～1Paであることを特徴とする請求項1に記載の軟磁性膜の製造方法。

【請求項3】 軟磁性膜を形成する基板を設置した基板ホルダーの回転速度を任意に設定してスパッタリングを行うことを特徴とする請求項1に記載の軟磁性膜の製造方法。

【請求項4】 軟磁性膜を形成する基板を設置した基板ホルダーの回転速度3～10rpmにてスパッタリングを行うことを特徴とする請求項3に記載の軟磁性膜の製造方法。

【請求項5】 軟磁性膜を形成する基板に、負のバイアス電圧を印加しながら前記軟磁性膜を形成することを特徴とする請求項1に記載の軟磁性膜の製造方法。

【請求項6】 軟磁性膜を形成する基板に印加する負のバイアス電圧が0.05～0.25W/cm<sup>2</sup>であることを特徴とする請求項5に記載の軟磁性膜の製造方法。

【請求項7】 請求項1に記載の基板ホルダー回転型反応性バイアスパッタリング装置を用いて、少なくとも2層の軟磁性膜を有し、かつ軟磁性膜と絶縁膜とを交互に積層した多層軟磁性膜を形成することを特徴とする軟磁性膜の製造方法。

【請求項8】 少なくとも2層の軟磁性膜を有し、かつ軟磁性膜と絶縁膜とを交互に積層した多層軟磁性膜の各軟磁性膜を、窒素ガス流量比、スパッタガス圧力、負のバイアス電圧、基板ホルダーの回転速度から選ばれる少なくとも1つのスパッタ条件を2種類以上に変えて形成することを特徴とする請求項7に記載の軟磁性膜の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、磁気録画再生装置（VTR）や、磁気録音再生装置などの磁気記録再生装置において、主として磁気ヘッドのコア材に用いられる軟磁性膜の製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 近年のデジタル技術の進歩に伴う磁気記録分野の高密度化には、磁気記録媒体の高保磁力化とともに、磁気ヘッドの高性能化が不可欠となってきた。磁気ヘッドにおける高密度記録達成には、磁気ヘッドのトラック幅やギャップ長の微細化とともに、高飽和磁束密度（主に記録特性に影響する）と高透磁率（主に再生特性に影響する）を有する軟磁性膜をコア材に用いたものが必要とされており、種々の開発が進められている。

【0003】 高性能磁気ヘッドの代表的な種類としては、軟磁性膜と絶縁膜をトラック幅方向に交互に積層したコア材が、セラミック等の非磁性基板で挟持され、前記コア材のみで磁気回路が構成されるリング型の積層ヘッドや、磁気回路の大部分がフェライトで構成され、磁氣的に飽和しやすい磁気ギャップ近傍のみに軟磁性膜を設けたMIGヘッド（Metal-In-Gapの略）があげられる。このため、積層ヘッドのコア材としては、等方的な高透磁率特性を有する軟磁性膜が、一方、MIGヘッドには、面内一軸異方性を誘導させた高透磁率特性を有する軟磁性膜が、それぞれ要求される。

【0004】 一方、軟磁性膜の代表的な種類としては現在、センダスト（Fe-Al-Si）系合金膜やCo系非晶質合金膜等が、実用化されているが、飽和磁束密度が約1T（テスラ）前後と低く、今後更に高保磁力化する媒体を用いての高密度記録を実現するためには、これらの従来材料では限界がある。そこで近年、高飽和磁束密度と高透磁率とを有する軟磁性膜の研究開発が盛んに行われている。その一つとして、Feを主成分とするFe-M-N系膜（ただし、Mは、Ta、Zr、Hf、Nb、Tiの少なくとも1種の元素）があげられる。

【0005】 他方、これら軟磁性膜の作成方法としては、真空技術を用いた蒸着やスパッタリングが主流であり、なかでもスパッタリングは、形成される薄膜の原材料であるターゲットの組成を調整することで、比較的容易に所望の組成を有する薄膜が、広範囲にわたって得られるため、現在最も一般的に用いられている薄膜形成技術である。以下、従来の一般的なスパッタリング装置について、図10を参照して説明する。図10は一般的なスパッタリング装置の正面断面図である。図10において、真空排気系101が接続された真空チャンバー102の内壁にはスパッタリングターゲット103を有するスパッタリング電極104が絶縁材105を介して配設され、マッチング回路106（高周波スパッタリングの場合）を介して、スパッタリング用電源107が接続される。真空チャンバー内には薄膜が形成される基板108を設置する基板ホルダー109が配設される。さらに、真空チャンバー101にはスパッタリング用ガス110（通常はArガス）がガス導入系111を介して接続される。

【0006】以上の装置でスパッタリング（薄膜形成）を行うには、まず真空チャンバー内を真空ポンプ等の真空排気系101により高真空（ $10^{-5}$ Pa程度）まで排気し、Ar等の放電ガス110をガス流量調整器111を調整して真空チャンバー内に導入し、圧力調整バルブ112を調整して真空チャンバー内の圧力を0.1～10Pa程度に保つ。ここで、ターゲット103を取り付けたスパッタリング電極104に、直流あるいは交流のスパッタリング用電源107により負の電圧を印加することでプラズマが発生し、ターゲットがスパッタされ、飛び出したスパッタ粒子が基板ホルダー109に設置された基板108に堆積され薄膜が形成される。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかし、図10のような構成のスパッタ装置（静止対向型）では、膜厚均一性を確保するため、基板ホルダー内の基板を設置できる領域が、ターゲットサイズにより限定されてしまい量産装置としては不向きである。このため現在は、外周面上に複数の基板を設置した円筒形の基板ホルダーを回転させながらスパッタリングを行う基板ホルダー回転型（カルーセル型ともいう）や、複数の基板を取り付けたトレーをスパッタリングターゲットの前面を通過させながらスパッタリングを行う基板トレー通過型等の、一度に大量の基板に膜厚や特性の均一な薄膜を形成できるスパッタリング装置が、量産設備としてよく使用されている。

【0008】ところが、基板回転型や通過型スパッタリング装置は、一度に大量の基板に薄膜を形成できるという特徴を有する反面、基板を回転や通過等、移動させながらスパッタリングを行なうため、基板に到達するスパッタリング粒子の大部分が、斜め入射成分により構成される。このため、軟磁性膜の作成を行なった場合、基板移動方向には強い一軸磁気異方性が誘導されやすくなり、等方的な透磁率を有する軟磁性膜を形成することが困難である。また、基板移動方向に対する垂直方向では、マグネトロンスパッタリング用の磁石（通常、成膜速度を向上させるため、ターゲット裏面や近傍に配設される）の磁場の影響により、不均一な透磁率を有する磁性膜が形成されてしまう。

【0009】軟磁性薄膜の作成においては前述したように、積層型ヘッドのコア材としては、膜面内の等方的な高透磁率特性が、また、MIGヘッドや薄膜ヘッド等のコア材としては、面内一軸磁気異方性を誘導させた高透磁率特性を有する軟磁性膜がそれぞれ要求される、というように磁気異方性の制御が非常に重要である。したがって本発明の目的は上記の問題点を解決し、各種磁気ヘッドに要求される所望の磁気異方性を有する高透磁率ならびに高飽和磁束密度を示す軟磁性膜を量産性よく製造する方法を提供するものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は上記目的を達成

するため、以下に示すように構成している。本発明の第1態様によれば、Feを主成分とし、N（窒素）を5～20原子%含むとともにM（ただし、Mは、Ta、Zr、Hf、Nb、Tiの少なくとも1種の元素）を5～15原子%含む組成を有する軟磁性膜の製造方法において、外周面上に基板を設置するとともに、中心軸を中心に回転し、更には真空チャンバーとの間に絶縁材を介して配設された円筒形の基板ホルダーと、該基板ホルダーの基板設置面に対向した位置に、スパッタリングターゲットを設置したスパッタリング電極を少なくとも1個有し、かつスパッタリング用ガスの導入系を少なくとも2系統有する基板ホルダー回転型反応性バイアススパッタリング装置を用い、ガス雰囲気中の窒素ガス流量比（N<sub>2</sub>ガス流量/Arガス流量）を4～8%としてスパッタリングを行うことを特徴とする軟磁性膜の製造方法を提供する。

【0011】本発明の第2態様によれば、スパッタリング中において、真空チャンバー内のガス圧力が0.1～1Paであることを特徴とする第1態様に記載の軟磁性膜の製造方法を提供する。

【0012】本発明の第3態様によれば、軟磁性膜を形成する基板を設置した基板ホルダーの回転速度を任意に設定してスパッタリングを行うことを特徴とする第1態様に記載の軟磁性膜の製造方法を提供する。

【0013】本発明の第4態様によれば、軟磁性膜を形成する基板を設置した基板ホルダーの回転速度3～10rpmにてスパッタリングを行うことを特徴とする第3態様に記載の軟磁性膜の製造方法を提供する。

【0014】本発明の第5態様によれば、軟磁性膜を形成する基板に、負のバイアス電圧を印加しながら前記軟磁性膜を形成することを特徴とする第1態様に記載の軟磁性膜の製造方法を提供する。

【0015】本発明の第6態様によれば、軟磁性膜を形成する基板に印加する負のバイアス電圧が0.05～0.25W/cm<sup>2</sup>であることを特徴とする第5態様に記載の軟磁性膜の製造方法を提供する。

【0016】本発明の第7態様によれば、第1態様に記載の基板ホルダー回転型反応性バイアススパッタリング装置を用いて、少なくとも2層の軟磁性膜を有し、かつ軟磁性膜と絶縁膜とを交互に積層した多層軟磁性膜を形成することを特徴とする軟磁性膜の製造方法を提供する。

【0017】本発明の第8態様によれば、少なくとも2層の軟磁性膜を有し、かつ軟磁性膜と絶縁膜とを交互に積層した多層軟磁性膜の各軟磁性膜を、窒素ガス流量比、スパッタガス圧力、負のバイアス電圧、基板ホルダーの回転速度から選ばれる少なくとも1つのスパッタ条件を2種類以上に変えて形成することを特徴とする請求項7に記載の軟磁性膜の製造方法を提供する。

【0018】上記本発明によれば、各種磁気ヘッドに要

求される所望の磁気異方性を有する高透磁率ならびに高飽和磁束密度を示す軟磁性膜を量産性よく製造することができる。

#### 【0019】

【発明の実施の形態】以下に、本発明にかかる実施の形態を図1～9に基づいて詳細に説明する。まず、本発明の5つの実施の形態の概略について説明する。本発明の実施の形態1にかかる軟磁性膜の製造方法は、Feを主成分とし、N（窒素）を5～20原子%含むとともにM（ただし、Mは、Ta、Zr、Hf、Nb、Tiの少なくとも1種以上の元素）を5～15原子%含む組成を有する軟磁性膜の製造方法において、外周面上に基板を設置するとともに、中心軸を中心に回転し、更には真空チャンパーとの間に絶縁材を介して設置された円筒形の基板ホルダーと、該基板ホルダーの基板設置面に対向した位置に、スパッタリングターゲットを設置したスパッタリング電極を少なくとも1個有し、かつスパッタリング用ガスの導入系を少なくとも2系統有する基板ホルダー回転型反応性バイアススパッタリング装置を用いて、スパッタリング中におけるガス雰囲気中の窒素ガス流量比（N<sub>2</sub>ガス流量/Arガス流量）を4～8%に制御することを特徴としたものであり、各種磁気ヘッドに要求される高透磁率ならびに高飽和磁束密度を示す軟磁性膜を量産性よく製造することができるという作用を有する。

【0020】本発明の実施の形態2にかかる軟磁性膜の製造方法は、実施の形態1の軟磁性膜の製造方法において、スパッタリング中のガス圧力を0.1～1Paに制御することを特徴としたものであり、各種磁気ヘッドに要求される所望の磁気異方性を有する高透磁率ならびに高飽和磁束密度を示す軟磁性膜を量産性よく製造することができるという作用を有する。

【0021】本発明の実施の形態3にかかる軟磁性膜の製造方法は、実施の形態1の軟磁性膜の製造方法において、軟磁性膜を形成する基板を設置した基板ホルダーの回転速度を3～10rpmに制御することを特徴としたものであり、実施の形態2と同様、各種磁気ヘッドに要求される所望の磁気異方性を有する高透磁率ならびに高飽和磁束密度を示す軟磁性膜を量産性よく製造することができるという作用を有する。

【0022】本発明の実施の形態4にかかる軟磁性膜の製造方法は、実施の形態1の軟磁性膜の製造方法において、軟磁性膜を形成する基板に印加する負のバイアス電圧を0.05～0.25W/cm<sup>2</sup>に制御することを特徴としたものであり、膜面内の磁気異方性の向きが反転した高透磁率ならびに高飽和磁束密度を示す軟磁性膜を量産性よく製造することができるという作用を有する。

【0023】本発明の実施の形態5にかかる軟磁性膜の製造方法は、軟磁性膜と絶縁膜を交互に積層した多層軟磁性膜において、絶縁膜を介して形成された各軟磁性膜の磁気異方性の向きが、少なくとも1層は他の層と異なる

ように、スパッタ条件を変えて（実施の形態1～4のうちの少なくとも2種類の実施の形態の条件で）該軟磁性膜を形成することを特徴としたものであり、積層型ヘッドのコア材に要求される膜面内に等方的な高透磁率ならびに高飽和磁束密度を示す軟磁性膜を量産性よく製造することができるという作用を有する。

【0024】（実施の形態1）以下、本発明の実施の形態1について図1～3を参照して説明する。まず、基板ホルダー回転型反応性バイアススパッタリング装置について、図1を参照して説明する。図1（a）は基板回転型反応性バイアススパッタリング装置の正面断面図、図1（b）はその平面断面図である。図1において、真空排気系1が接続された真空チャンパー2の内壁にはスパッタリングターゲット3を有するスパッタリング電極4が絶縁材5を介して配設され、マッチング回路6（高周波スパッタリングの場合）を介して、スパッタリング用電源7が接続される。このスパッタリング電極4は、図1（b）に示されるように、基板ホルダー9の外周面と対向するように、複数（図の例では4基）配置されている。真空チャンパー内には外周に基板8を設置できる円筒形の基板ホルダー9が、真空チャンパー2との間に絶縁材13を介して配設され、その中心軸14を中心に自転できるようにモーター等の回転機構（図示していない）が接続される。また、基板ホルダー9にはバイアス電圧が印加できるようにマッチング回路15を介してバイアス用電源16が接続されている。さらに、スパッタリング用ガス10（通常はArガス）の導入系11に加えて、反応性スパッタリング用のガス17および該導入系18が接続されている。

【0025】以上の装置でスパッタリング（薄膜形成）を行うには、まず真空チャンパー内を真空ポンプ等の真空排気系1により高真空（10<sup>-5</sup>Pa程度）まで排気し、Ar等の放電ガス10をガス流量調整器11を調整して真空チャンパー内に導入し、圧力調整バルブ12を調整して真空チャンパー内の圧力を0.1～1Pa程度に保つ。なお、作成する薄膜が反応ガス17との化合物の場合には、放電ガス10と同時に反応性スパッタリング用ガス17を導入し、放電ガス10と同様にガス流量調整器18により両ガスの割合を調整する（反応性スパッタリング）。ここで、基板8を取り付けた基板ホルダー9を、基板回転機構（図示していない）により基板ホルダー中心軸14を中心に自転させるとともに、ターゲット3を取り付けたスパッタリング電極4に直流あるいは交流のスパッタリング用電源7により負の電圧を印加することでプラズマが発生し、ターゲット3がスパッタされ、飛び出したスパッタ粒子が、回転している基板ホルダー外周面に設置された基板8に堆積され薄膜が形成される。

【0026】次に具体例として、以上のような基板ホルダー回転型反応性バイアススパッタリング装置による、

Fe-Ta-N膜とSiO<sub>2</sub>膜の多層軟磁性膜の作成方法および該軟磁性膜の特性（透磁率特性）について図2～3を参照して説明する。図2は本実施の形態の、基板ホルダー回転型反応性スパッタリング装置の概略平面図である。スパッタリングターゲットには、矩形のFe-Taターゲット3枚とSiO<sub>2</sub>ターゲット1枚（いずれも、381mm×127mm）を使用し、Fe-Ta-N膜は、ArとN<sub>2</sub>の混合ガス雰囲気中での反応性スパッタリングにより作成した。軟磁性膜を形成する基板には、非磁性のセラミックス基板を使用し、該基板を基板冷却機構を有する基板ホルダーに設置し、該基板ホルダーを回転させながら薄膜形成を行なった。

【0027】まず、Fe-Taターゲットを設置したスパッタリング電極を3基用い、Arガス流量：100sccmとN<sub>2</sub>ガス流量：5sccmの混合ガス中（N<sub>2</sub>流量比：5%）でFe-Ta-N膜をセラミックス基板上に0.4μm形成した。他の条件としては、スパッタリング圧力：0.53Pa、スパッタリング電力：2kW、基板ホルダー回転速度：3rpmである。次に、SiO<sub>2</sub>膜をArガス流量：100sccm、スパッタ圧力：0.93Pa、スパッタ電力：2kW、基板ホルダー回転速度：10rpmで5nmを形成した。以上の工程を繰り返し、Fe-Ta-N膜6層をSiO<sub>2</sub>膜5層で積層した構成の多層軟磁性膜（全体膜厚：約2.4μm）を作成し、550℃、1時間、無磁界真空中での熱処理を行ない透磁率を測定した。

【0028】10kHzにおける膜面内の初透磁率 $\mu'$ の基板位置依存性の結果を図3に示す。図3における基板位置は、基板ホルダー垂直方向（基板ホルダー回転方向に対し90°の方向）を示し、符号のマイナスが基板中心より上側、プラスが下側である。また、 $\mu'_x$ は基板ホルダー回転方向の、 $\mu'_y$ は基板ホルダー回転方向に対して90°方向の、それぞれの $\mu'$ の値である。図3より、 $\mu'_x$ はいずれの基板位置においても6000以上、 $\mu'_y$ は1500以上の値を示していることがわかる。なおかつ磁気異方性の向きが一方に揃っていることから、本実施の形態の多層軟磁性膜は、前記MIGヘッドのコア材等、一軸磁気異方性を必要とするデバイスとして最適である。また、一度に多数の基板を処理できるため量産性良く製造することができる。

【0029】（実施の形態2）実施の形態1と同様の方法で、スパッタ圧力を0.27Paに制御してFe-Ta-N膜を作成した時の多層軟磁性膜の10kHzにおける膜面内の初透磁率 $\mu'$ の基板位置依存性の結果を図4に示す。なお、他のスパッタ条件や熱処理条件等は実施の形態1と同じである。図4より、 $\mu'_x$ 及び $\mu'_y$ は、両方のいずれの基板位置においても3500～6500という高透磁率を示しているとともに、磁気異方性に関しては、ほぼ等方的であることがわかる。このため、本実施の形態の多層軟磁性膜は、前記積層ヘッドのコア材

等、等方的な高透磁率を必要とするデバイスとして最適である。また、一度に多数の基板を処理できるため量産性良く製造することができる。

【0030】（実施の形態3）実施の形態1と同様の方法で、基板ホルダー回転速度を10rpmに制御してFe-Ta-N膜を作成した時の多層軟磁性膜の10kHzにおける膜面内の初透磁率 $\mu'$ の基板位置依存性の結果を図5に示す。なお、他のスパッタ条件や熱処理条件等は実施の形態1と同じである。図5より、基板中心から端（-90mm）にかけて $\mu'_x$ と $\mu'_y$ の値がほぼ線形的に反転しており、基板中心付近では $\mu'_x$ が高透磁率を、逆に端では $\mu'_y$ が高透磁率（いずれも8000以上）を示している。つまり、本実施の形態の多層軟磁性膜は基板面内で磁気異方性の向きに傾斜が必要なデバイスに最適である。また、一度に多数の基板を処理できるため量産性良く製造することができる。

【0031】（実施の形態4）実施の形態1と同様の方法で、かつFe-Ta-N膜作成中に基板ホルダーに負のバイアス電圧（13.56MHzのRF電源によるRF電力：1200W、電力密度：0.2W/cm<sup>2</sup>）を印加しながら作成した多層軟磁性膜の10kHzにおける膜面内の初透磁率 $\mu'$ の基板位置依存性の結果を図6に示す。尚、他のスパッタ条件や熱処理条件等は実施の形態1と同じである。図6より、 $\mu'_x$ はいずれの基板位置においても1000以上、 $\mu'_y$ は5500以上の値を示しており、かつ磁気異方性の向きが一方に揃っているため、実施の形態1と同様に前記MIGヘッド等のコア材として最適であるとともに、一度に多数の基板を処理できるため量産性良く製造することができる。また、本実施の形態では、基板ホルダー垂直方向（基板ホルダー回転方向に対して90°の方向）に高透磁率が揃っており、実施の形態1と比較すると磁気異方性の向きが反転している。このため、基板ホルダーへの基板取り付け等の関係で基板ホルダー垂直方向に高透磁率を有する軟磁性膜が必要な時に有効である。

【0032】（実施の形態5）実施の形態1～4と同様の多層軟磁性膜構成で、1、2、4、5層目のFe-Ta-N膜のスパッタ条件を、N<sub>2</sub>ガス流量：5sccm、RFバイアス電力：1200W（電力密度：0.2W/cm<sup>2</sup>）とし、3、6層目のスパッタ条件を、N<sub>2</sub>ガス流量：6sccm、RFバイアス電力：960W（電力密度：0.16W/cm<sup>2</sup>）と制御して作成した時の多層軟磁性膜の10kHzにおける膜面内の初透磁率 $\mu'$ の基板位置依存性の結果を図8に示す。尚、他のスパッタ条件や熱処理条件等は実施の形態1と同じである。図8より、 $\mu'_x$ および $\mu'_y$ は、両方のいずれの基板位置においても3500～6500の値という高透磁率を示しており、また磁気異方性に関してはほぼ等方的であるため、実施の形態2と同様に前記積層ヘッド等のコア材として最適であるとともに、一度に多数の基板を処理できるため量産



性良く製造することができる。

【0033】本実施の形態の多層軟磁性膜の構成は、実施の形態4で示した基板ホルダー垂直方向に $\mu'$ が高いFe-Ta-N膜(図6参照)と、図7に示すように基板ホルダー回転方向に $\mu'$ が高いFe-Ta-N膜( $N_2$ ガス流量:6sccm、RFバイアス電力:960W、他のスパッタ条件や熱処理条件等は実施の形態1と同様)とを2:1の割合に配分した構成を採っている。つまり、磁気異方性の向きの異なる軟磁性膜を、層間絶縁膜を介して積層することにより等方的な多層軟磁性膜を作成している。

【0034】また、図9に本実施の形態において作成した多層軟磁性膜の任意の試料(基板位置:-70mm)の実効透磁率 $\mu$ の周波数特性を示す。ここで、 $\mu_x$ 及び $\mu_y$ の定義は前記と同様、 $\mu_x$ が基板ホルダー回転方向の、 $\mu_y$ が基板ホルダー回転方向に対して90°方向の、それぞれの $\mu$ の値である。 $\mu_x$ および $\mu_y$ とも、低周波帯域(1MHz)において5000以上、高周波帯域(例えば50MHz)においても2000以上と、周波数特性のすぐれた等方的でかつ高透磁率を有する多層軟磁性膜が得られていることがわかる。

【0035】以上、実施の形態1~5では、Fe-Ta-N膜について詳細に説明したが、Feを主成分とし、N(窒素)を5~20原子%含むとともにM(ただし、Mは、Ta、Zr、Hf、Nb、Tiの少なくとも1種の元素)を5~15原子%含む組成を有する軟磁性膜においても同様の効果を有する。また、実施の形態1~5では、Fe-Ta-N膜6層をSiO<sub>2</sub>膜5層で積層した構成の多層軟磁性膜(全体膜厚:約2.4 $\mu$ m)としたが、Fe-Ta-N膜およびSiO<sub>2</sub>膜の、膜厚や積層数(Fe-Ta-N単層を含む)を変化させても構わない。

#### 【0036】

【発明の効果】本発明の軟磁性膜の製造方法によれば、以上の説明から明らかなように、Feを主成分とし、N(窒素)を5~20原子%含むとともにM(ただし、Mは、Ta、Zr、Hf、Nb、Tiの少なくとも1種の元素)を5~15原子%含む組成を有する軟磁性膜の製造方法において、外周面上に基板を設置するとともに、中心軸を中心に回転し、更には真空チャンパーとの間に絶縁材を介して設置された円筒形の基板ホルダーと、該基板ホルダーの基板設置面に対向した位置に、スパッタリングターゲットを設置したスパッタリング電極を少なくとも1個有し、かつスパッタリング用ガスの導入系を少なくとも2系統有する基板ホルダー回転型反応性バイアススパッタリング装置を用いて、スパッタリング中におけるガス雰囲気中の窒素ガス流量比( $N_2$ ガス流量/ $Ar$ ガス流量)を4~8%に制御することで、各種磁気ヘッドに要求される高透磁率ならびに高飽和磁束密度を示す軟磁性膜を量産性よく製造することができる。

【0037】さらに、スパッタリング中のガス圧力を0.1~1Paに制御することで、各種磁気ヘッドに要求される所望の磁気異方性を有する高透磁率ならびに高飽和磁束密度を示す軟磁性膜を量産性よく製造することができる。また、軟磁性膜を形成する基板を設置した基板ホルダーの回転速度を3~10rpmに制御することで、各種磁気ヘッドに要求される所望の磁気異方性を有する高透磁率ならびに高飽和磁束密度を示す軟磁性膜を量産性よく製造することができる。さらに、軟磁性膜を形成する基板に、負のバイアス電圧を0.05~0.25W/cm<sup>2</sup>に制御して印加することで、膜面内の磁気異方性の向きが反転した高透磁率ならびに高飽和磁束密度を示す軟磁性膜を量産性よく製造することができる。また、軟磁性膜と絶縁膜を交互に積層した多層軟磁性膜において、絶縁膜を介して形成された各軟磁性膜の磁気異方性の向きが、少なくとも1層は他の層と異なるように、スパッタ条件を変えて該軟磁性膜を形成することで、積層型ヘッドのコア材に要求される膜面内に等方的な高透磁率ならびに高飽和磁束密度を示す軟磁性膜を量産性よく製造することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】(a)は本発明の実施の形態1における基板ホルダー回転型反応性バイアススパッタリング装置の正面断面図

(b)はその平面断面図

【図2】本発明の実施の形態1における基板ホルダー回転型反応性バイアススパッタリング装置の概略平面図

【図3】本発明の実施の形態1における多層軟磁性膜の面内の初透磁率 $\mu'$ の基板位置依存性の図

【図4】本発明の実施の形態2における多層軟磁性膜の面内の初透磁率 $\mu'$ の基板位置依存性の図

【図5】本発明の実施の形態3における多層軟磁性膜の面内の初透磁率 $\mu'$ の基板位置依存性の図

【図6】本発明の実施の形態4における多層軟磁性膜の面内の初透磁率 $\mu'$ の基板位置依存性の図

【図7】本発明の実施の形態5における多層軟磁性膜の3、6層目に用いたFe-Ta-N膜の面内の初透磁率 $\mu'$ の基板位置依存性の図

【図8】本発明の実施の形態5における多層軟磁性膜の面内の初透磁率 $\mu'$ の基板位置依存性の図

【図9】本発明の実施の形態5における多層軟磁性膜の実効透磁率 $\mu$ の周波数特性の図

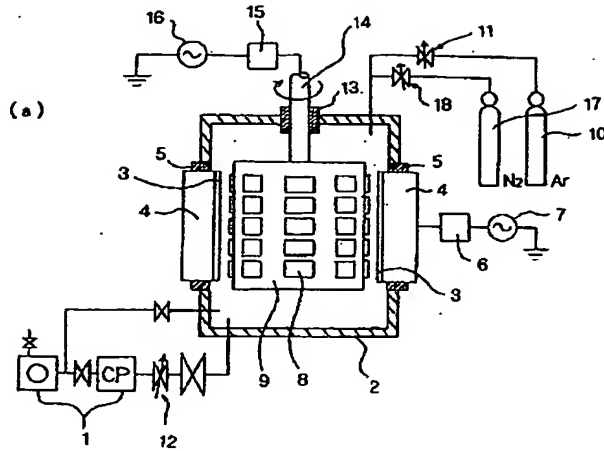
【図10】従来の一般的なスパッタリング装置の正面断面図

#### 【符号の説明】

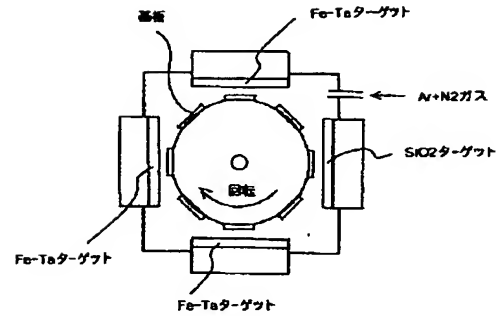
- 3 ターゲット
- 4 スパッタ電極
- 8 基板
- 9 基板ホルダー
- 14 基板ホルダー中心軸

## 17 反応性スパッタリング用ガス

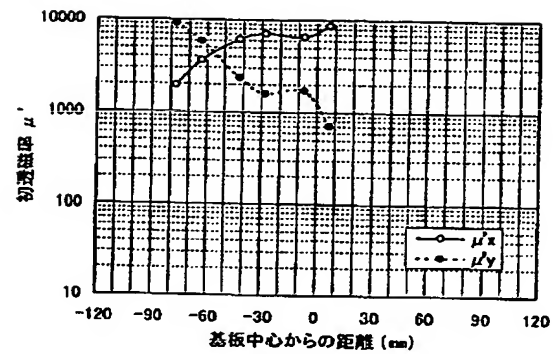
【図1】



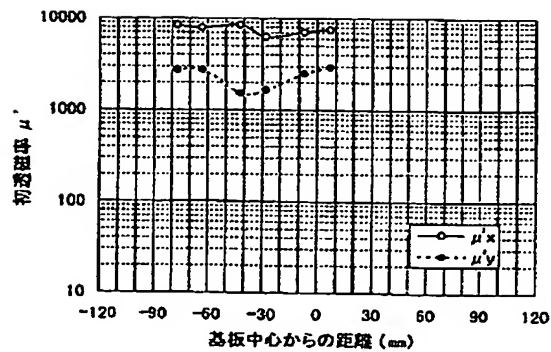
【図2】



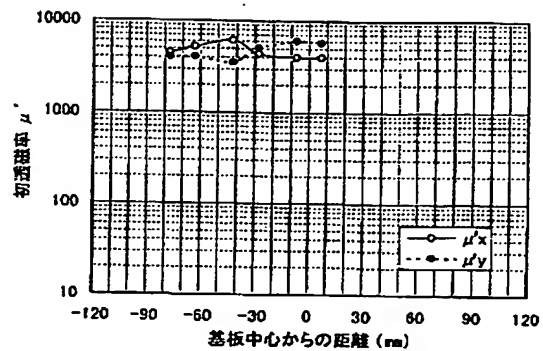
【図5】



【図3】

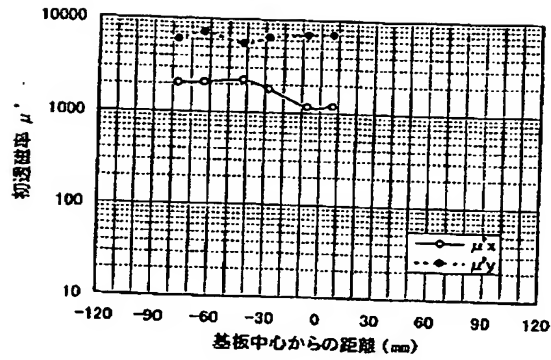


【図4】

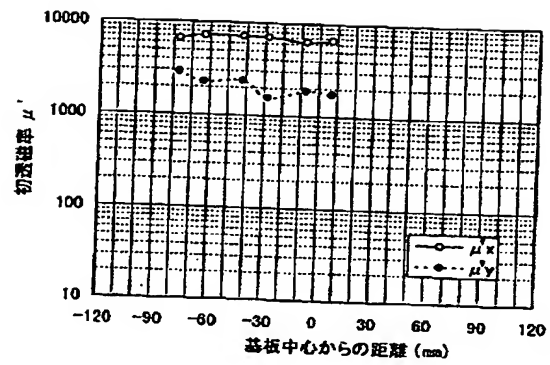




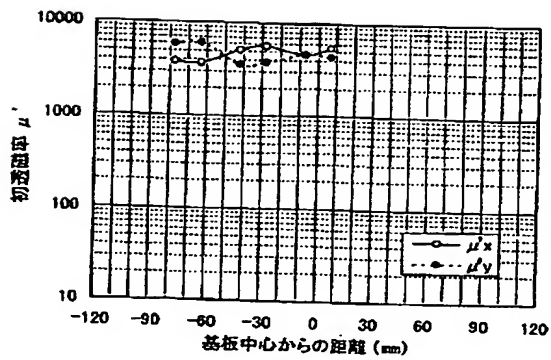
【図6】



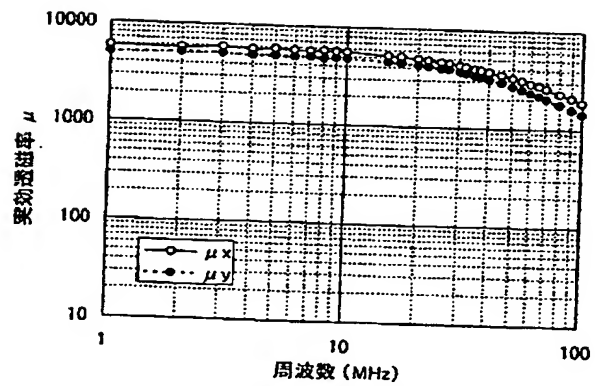
【図7】



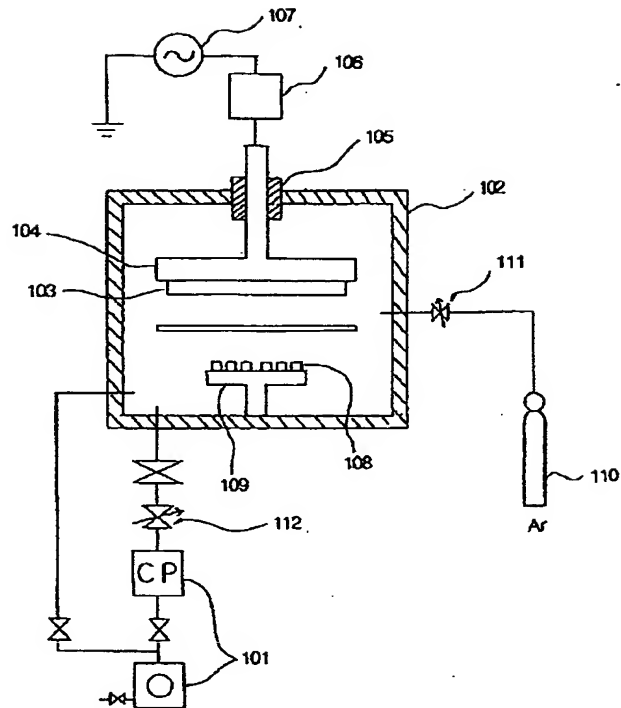
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72) 発明者 村岡 俊作  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内  
(72) 発明者 関 博司  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

Fターム(参考) 5D033 BA03 DA03  
5D093 AA01 BB18 BC18 BD01 BD08  
FA12 FA16 HA17 JA01  
5E049 AA01 AA09 AC05 BA12 GC02  
GC04

BEST AVAILABLE COPY